

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

61

(11)Publication number : 2000-231058

(43)Date of publication of application : 22.08.2000

(51)Int.Cl.

G02B 13/24

G02B 13/18

G03F 7/20

H01L 21/027

(21)Application number : 11-034422

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 12.02.1999

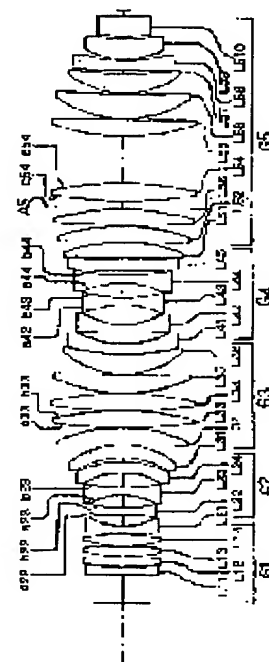
(72)Inventor : MITARAI KIYOSHI  
MISAWA JUNICHI  
TAKAHASHI YUTO

## (54) PROJECTION OPTICAL SYSTEM, PROJECTION EXPOSURE DEVICE EQUIPPED WITH THE SYSTEM AND PRODUCTION OF DEVICE

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To make an optical system small in size and light in weight, have large numerical aperture and large exposure area and excellently compensate aberration by making the absolute value of main light beam height in a 3rd lens group smaller than that in a 1st lens group.

SOLUTION: This optical system is composed of five lens groups having positive refractive power, negative refractive power, positive refractive power, negative refractive power and positive refractive power in order from a 1st object side. Either the 4th lens group G4 or the 5th lens group has one aspherical surface, and the 5th lens group has an aperture diaphragm AS. Then, it satisfies a conditional expression I:  $(\overline{HG1} + \overline{HG3})/L > 1/1000$  and a conditional expression II:  $500 < R2$ . In the expressions I and II, L is a distance from the 1st object to a 2nd object, R2 (>0) is the radius of curvature of a lens surface on the 2nd object side, HG1 is the maximum height from an optical axis obtained when the main light beam from the maximum object height of the 1st object is transmitted through the 1st lens group G1, and HG3 is the maximum height from the optical axis obtained when the main light beam from the maximum object height of the 1st object is transmitted through the 3rd lens group G3.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's  
decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of  
rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2000-231058  
(P2000-231058A)

(43)公開日 平成12年 8月22日 (2000. 8. 22)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-マコード* (参考)
G 0 2 B 13/24		G 0 2 B 13/24	2 H 0 8 7
		13/18	5 F 0 4 6
G 0 3 F 7/20	5 2 1	G 0 3 F 7/20	5 2 1 9 A 0 0 1
H 0 1 L 21/027		H 0 1 L 21/30	5 1 5 D

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 14 頁)

(21)出願番号 特願平11-34422

(22)出願日 平成11年 2月12日 (1999. 2. 12)

(71)出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内 3丁目 2番 3号

(72)発明者 御手洗 潔

東京都千代田区丸の内 3丁目 2番 3号 株  
式会社ニコン内

(72)発明者 三澤 純一

東京都千代田区丸の内 3丁目 2番 3号 株  
式会社ニコン内

(74)代理人 100077919

弁理士 井上 義雄

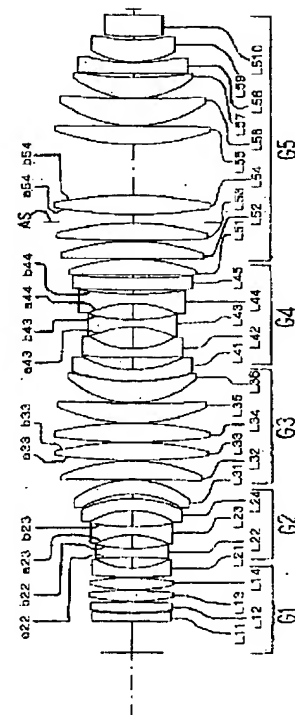
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 投影光学系及び該投影光学系を備えた投影露光装置並びにデバイス製造方法

(57)【要約】

【課題】小型・軽量で、大きな開口数を有し、かつ諸収差が良好に補正された投影光学系を提供すること。

【解決手段】 第1物体Mの像を第2物体P上に投影する投影光学系において、前記第1物体側から順に、2枚以上の正レンズ成分を含む正屈折力の第1レンズ群G1と、2枚以上の負レンズ成分を含む負屈折力の第2レンズ群とG2、3枚以上の正レンズ成分を含む正屈折力の第3レンズ群G3と、2枚以上の負レンズ成分を含む負屈折力の第4レンズ群G4と、連続した少なくとも6枚以上の正レンズ成分を含む正屈折力の第5レンズ群G5とを有し、前記第4レンズ群G4と第5レンズ群G5との少なくともいずれか一方は少なくとも1面の非球面を有し、所定の条件式を満足する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1物体の像を第2物体上に投影する投影光学系において、

前記第1物体側から順に、

2枚以上の正レンズ成分を含む正屈折力の第1レンズ群と、

2枚以上の負レンズ成分を含む負屈折力の第2レンズ群と、

3枚以上の正レンズ成分を含む正屈折力の第3レンズ群と、

2枚以上の負レンズ成分を含む負屈折力の第4レンズ群と、

連続した少なくとも6枚以上の正レンズ成分を含む正屈折力の第5レンズ群とを有し、

前記第4レンズ群と第5レンズ群との少なくともいずれか一方は少なくとも1面の非球面を有し、

前記第5レンズ群は開口絞りを有し、

前記第1物体から前記第2物体までの距離をL、

前記第4レンズ群の最も前記第2物体側のレンズ成分の前記第2物体側レンズ面の曲率半径をR2、前記第1物体の最大物体高からの主光線が前記第1レンズ群を透過するときの光軸からの最大高さをHG1、

前記第1物体の最大物体高からの主光線が前記第3レンズ群を透過するときの光軸からの最大高さをHG3とそれぞれしたとき、

$$(|HG1| - |HG3|) / L > 1 / 1000 \\ 500 < R2$$

の条件を満足することを特徴とする投影光学系。

【請求項2】 前記第1レンズ群の焦点距離をf1、

前記第2レンズ群の焦点距離をf2、

前記第3レンズ群の焦点距離をf3、

前記第4レンズ群の焦点距離をf4、

前記第5レンズ群の焦点距離をf5とそれぞれしたとき、

$$0.10 < |f1| / L < 0.15$$

$$0.03 < |f2| / L < 0.06$$

$$0.06 < |f3| / L < 0.20$$

$$0.03 < |f4| / L < 0.08$$

$$0.09 < |f5| / L < 0.25$$

の条件を満足することを特徴とする請求項1記載の投影光学系。

【請求項3】 投影原版を投影光学系により基板上へ投影露光する投影露光装置において、前記投影光学系は、請求項1又は2に記載したものであることを特徴とする投影露光装置。

【請求項4】 デバイスの回路パターンを投影光学系により基板上へ投影露光するデバイスの製造方法において、前記投影光学系は請求項1又は2に記載したものであることを特徴とするデバイスの製造方法。

【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、マスク又はレチクル等上に形成されている電子回路パターン等を、投影ホトリソグラフィーにより半導体ウエハ等の感光性基板上に転写するための投影光学系及び該投影光学系を備えた投影露光装置並びにデバイス製造方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】近年、投影露光装置を用いて、IC、LSI等の集積回路や液晶等のフラットディスプレイ等に対して所定のパターンを転写するのが一般的である。そして、半導体集積回路、半導体チップの実装基板等の製造では、転写されるパターンはますます微細化してきている。また、液晶用フラットディスプレイ等には、投影面積のより広いものが要求されてきている。したがって、該パターンを焼き付ける露光装置の投影光学系は、高い解像力で、露光面積の広いことが要求されている。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】高い解像力を得るためには、光学系の開口数が大きいたることが必要であり、また、広い露光領域を得るためには、平面上の物体を平面に投影できることが必要である。光学系の開口数を大きくすると、各レンズの有効径が大きくなるので、大きい径のレンズ硝材（レンズ硝材）が必要となる。しかし、大きなレンズ硝材で均質性等が優れたものを製造することは困難である。また、大きい径のガラス材料を研磨するのは困難であり、ある程度以上の大きさのレンズ径の研磨は事実上不可能である。従って、大きい開口数を有しながら、光学系の最大有効径を小さくまとめる、いわゆる光学系の小型化が必要となる。

【0004】また、光学系の小型化が要求される一方、結像性能や歪曲収差等の光学性能は、集積回路パターンの微細化に応じて、さらに高性能なものが必要である。特に、歪曲収差は投影パターンのズレに直接影響するため、小さな厳しい数値にまで補正しなければならない。

【0005】また、投影光学系は、ウエハやレチクルの反りによる像歪の影響を緩和させるため、物体側と像側とがそれぞれテレセントリックとなる、いわゆる両テレセントリック光学系を採用している。かかる光学系では、良好なテレセントリック性を保ちながら、厳しい歪曲収差補正を行うことは困難である。特に、小型・軽量を目的とする光学系では、当該収差補正はより一層困難である。

【0006】本発明は、上記問題に鑑みてなされたものであり、小型、軽量で、大きな開口数、大きな露光面積を有し、かつ諸収差が良好に補正された投影光学系等を提供することを目的とする。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、本発明にかかる投影光学系の基本的な構成を添付図面に示した符号に基づいて説明すると、第1物体（マス

クM)の像を第2物体(プレートP)上に投影する投影光学系において、前記第1物体側から順に、2枚以上の正レンズ成分を含む正屈折力の第1レンズ群G1と、2枚以上の負レンズ成分を含む負屈折力の第2レンズ群G2と、3枚以上の正レンズ成分を含む正屈折力の第3レンズ群G3と、2枚以上の負レンズ成分を含む負屈折力の第4レンズ群G4と、連続した少なくとも6枚以上の正レンズ成分を含む正屈折力の第5レンズ群G5とを有し、前記第4レンズ群と第5レンズ群との少なくともいずれか一方は少なくとも1面の非球面を有し、前記第5レンズ群は開口絞りを有していることを特徴とする。

【0008】また、本発明は、以下の条件式(1)、(2)、

$$(1) \quad (|HG1| - |HG3|) / L > 1 / 100$$

$$(2) \quad 500 < R2$$

を満足することが望ましい。

【0009】ここで、Lは前記第1物体から前記第2物体までの距離、R1(>0)は前記第4レンズ群G4の最も前記第2物体側のレンズの、前記第1物体側のレンズ面の曲率半径、R2(>0)は前記第2物体側のレンズ面の曲率半径、HG1は前記第1物体の最大物体高からの主光線が前記第1レンズ群G1を透過するときの光軸からの最大高さ、HG3は前記第1物体の最大物体高からの主光線が前記第3レンズ群G3を透過するときの光軸からの最大高さをそれぞれ示している。

【0010】

【発明の実施の形態】条件式(1)は、両テレセントリック性と歪曲収差とを良好に保ちながら、他の諸収差も良好に補正された光学性能を有し、かつ小型で軽量の光学系を得るための条件を規定している。第3レンズ群G3中での主光線高の絶対値|HG3|が、第1レンズ群G1中での主光線高の絶対値|HG1|よりも条件式(1)を満足するように小さくすることで、第3レンズ群G3で発生する歪曲収差を他のレンズ群で補正できる量まで減じることができる。

【0011】条件式(1)の下限値を下回ると、第3レンズ群G3中での主光線高の絶対値|HG3|が、第1レンズ群G1中での主光線高の絶対値|HG1|と同程度に大きくなるため、第3レンズ群G3で大きな歪曲収差が発生し、当該収差を他のレンズ群で補正しきれなくなってしまう。

【0012】条件式(2)は、系の小型化、球面収差及びベッツバル和の良好な補正のための条件である。条件式(2)の範囲をはずれると球面収差及びベッツバル和の良好な補正を行うことができなくなってしまう。

【0013】また、本発明では、前記条件式(2)と同時に、

$$500 < R1$$

の条件を満足することが望ましい。ここで、R1(>

0)は前記第4レンズ群G4の最も前記第2物体側のレンズの前記第1物体側レンズ面の曲率半径を表している。この条件式の範囲をはずれると、条件式(2)の条件を外れた場合と同様な不利な点が現れる。

【0014】また、本発明は、以下の条件式(3)乃至(7)、

$$(3) \quad 0.10 < |f1| / L < 0.15$$

$$(4) \quad 0.03 < |f2| / L < 0.06$$

$$(5) \quad 0.06 < |f3| / L < 0.20$$

$$(6) \quad 0.03 < |f4| / L < 0.08$$

$$(7) \quad 0.09 < |f5| / L < 0.25$$

の各条件を満足することが望ましい。上記条件式(3)～(7)はいずれも条件式(1)を具体的に満足するために必要な条件である。

【0015】条件式(3)の上限値を上回ると、条件式(1)を満足することが困難となる。逆に、条件式(3)の下限値を下回ると、第1レンズ群G1のパワーが強くなり過ぎて、収差補正が困難となってしまう。

【0016】条件式(4)の上限値を上回ると、条件式(1)を満足することが困難となる。逆に、条件式(4)の下限値を下回ると、負屈折力のレンズ群のパワーが強くなり過ぎるので、諸収差が発生してしまう。

【0017】条件式(5)の上限値を上回ると、条件式(1)を満足することが困難となり、また、光学系の全長が長くなり過ぎてしまう。逆に、条件式(5)の下限値を下回ると収差補正が困難となる。

【0018】条件式(6)の上限値を上回ると、光学系の全長が長くなり過ぎてしまう。逆に、条件式(6)の下限値を下回ると諸収差が大きくなり、補正が困難となる。

【0019】条件式(7)式の上限値を上回ると、光学系の全長が長くなり過ぎてしまう。逆に、条件式(7)の下限値を下回ると、光学系の明るさを維持することが困難となる。

【0020】第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間隔D1、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間隔D2は、第1～第3レンズ群を所定の焦点距離にするために必要なレンズ枚数の条件と、当該レンズ群の厚さを最小にするための条件とにより、自ずと略決まってくる。

【0021】また、本発明では、第5レンズ群G5は少なくとも1枚の負レンズ成分を含むことが望ましい。

【0022】また、本発明では、第4レンズ群G4は互いに向き合った凹面のレンズ面を少なくとも2組有することが望ましい。

【0023】また、本発明では、第2レンズ群G2は互いに向き合った凹面のレンズ面を少なくとも2組有することが望ましい。

【0024】また、本発明では、第5レンズ群G5は互いに向き合った凸面のレンズ面を少なくとも1組有する

ことが望ましい。

【0025】また、本発明では、第3レンズ群G3は互いに向き合った凸面のレンズ面を少なくとも1組有することが望ましい。

【0026】また、本発明は、投影原版を投影光学系により基板上へ投影露光する投影露光装置において、前記投影光学系は、請求項1又は2に記載したものであることを特徴とする。

【0027】また、本発明は、デバイスの回路パターンを投影光学系により基板上へ投影露光するデバイスの製造方法において、前記投影光学系は請求項1又は2に記載したものであることを特徴とする。

【0028】

【実施例】以下、添付図面に基づいて本発明の数値実施例にかかる投影光学系について説明する。

【0029】(第1実施例) 図1は、本発明の第1実施例にかかる投影光学系のレンズ構成を示す図である。本光学系は、結像倍率は1/4倍、像側の開口数NAは0.75、最大物体高は52.8mmである。また、光学ガラスは熔融石英であり、全部で29枚のレンズを使用し、第2レンズ群G2と第4レンズ群G4とに非球面レンズを採用している。

【0030】第1物体側から順に、2枚以上の正レンズ成分L12、L13を含む正屈折力の第1レンズ群G1と、2枚以上の負レンズ成分L22、L23を含む負屈折力の第2レンズ群G2と、3枚以上の正レンズ成分L33、L34、L35を含む正屈折力の第3レンズ群G3と、2枚以上の負レンズ成分L42、L43を含む負屈折力の第4レンズ群G4と、連続した少なくとも6枚以上の正レンズ成分L52～L57を含む正屈折力の第5レンズ群G5とを有し、前記第5レンズ群G5は開口絞りASを有している。

【0031】ここで、第2レンズ群G2は互いに向き合った凹面のレンズ面a22とb22、a23とb23を少なくとも2組有する。第3レンズ群G3は互いに向き合った凸面のレンズ面a33とb33を少なくとも1組有する。第4レンズ群G4は互いに向き合った凹面のレンズ面a43とb43、a44とb44を少なくとも2組有する。第5レンズ群G5は少なくとも1枚の負レンズ成分L58を含み、互いに向き合った凸面のレンズ面a54とb54とを少なくとも1組有する。

【0032】以下の表1に本実施例の諸元値を掲げる。表1において、面番号は第1物体(マスクM)側から数えたレンズ面の順番、rは曲率半径(STOは開口絞り)、dはレンズ面の空気間隔、nは波長248.4nmに対する屈折率をそれぞれ表している。d0は第1物体からレンズ第1面までの距離を表している。

【0033】また、非球面は次式、

$$z = cy^2 / (1 + (1 - (1 + k)c^2y^2)^{1/2} + Ay^4 + By^6 + Cy^8 + Dy^{10})$$

で表される。ここで、zはサグ量、yは光軸からの高

さ、cは曲率、kは円錐定数、A、B、C、Dは非球面係数をそれぞれ表している。なお、以下全ての実施例において第1実施例と同様の符号を用いる。

【0034】

【表1】d0=57.74196

面番号	r	d	n
1	-35953.91442	15.00000	1.50840
2	584.60899	2.11094	1.00000
3	488.16437	19.50000	1.50840
4	-891.62126	1.00000	1.00000
5	304.03042	20.04938	1.50840
6	-634.66810	1.00000	1.00000
7	272.36800	22.20881	1.50840
8	-454.90987	1.00164	1.00000
9	720.26327	17.47081	1.50840
10	136.95992	20.07538	1.00000
11	-619.28367	15.00000	1.50840
12	226.18135	25.21424	1.00000
13	-128.88260	14.42057	1.50840
14	357.32850	29.93285	1.00000
15	-132.88994	21.63086	1.50840
16	-196.06325	9.25555	1.00000
17	-151.42516	26.78106	1.50840
18	-150.49390	0.52577	1.00000
19	-4792.48950	35.00000	1.50840
20	-273.25926	0.66461	1.00000
21	935.70158	34.00000	1.50840
22	-542.09105	0.50000	1.00000
23	887.63687	35.00000	1.50840
24	-554.19295	0.50000	1.00000
25	288.44738	37.00000	1.50840
26	3546.52478	0.50000	1.00000
27	159.36608	38.86409	1.50840
28	353.38451	1.10642	1.00000
29	339.21464	20.62636	1.50840
30	165.53307	22.94472	1.00000
31	1432.16763	16.99567	1.50840
32	131.55903	40.22057	1.00000
33	-159.56515	14.93559	1.50840
34	319.51098	30.50019	1.00000
35	-160.71964	17.51069	1.50840
36	527.51947	7.61543	1.00000
37	2102.83891	22.21980	1.50840
38	993.11411	6.63636	1.00000
39	12547.64006	29.56262	1.50840
40	-288.61168	0.50672	1.00000
41	9711.39268	31.97598	1.50840
42	-348.88327	0.56853	1.00000
43	1968.07506	32.83677	1.50840
44	-456.68843	1.67266	1.00000

45	0.0(ST0)	15.04671	1.00000
46	815.57760	34.50000	1.50840
47	-668.70116	96.42623	1.00000
48	371.15223	34.33924	1.50840
49	-10521.07718	0.50000	1.00000
50	204.63724	49.71030	1.50840
51	1986.89186	0.50000	1.00000
52	160.16495	38.56596	1.50840
53	618.78752	7.94850	1.00000
54	-29388.17177	19.05575	1.50840
55	313.57591	2.19017	1.00000
56	148.34218	40.00000	1.50840
57	241.35968	6.47049	1.00000
58	416.66449	40.00000	1.50840
59	1510.06284	11.50000	1.00000

(非球面係数) 第12面と第34面は非球面であり、以下に非球面係数を示す。

第12面

$k=0.0$

$A=-0.554703 \times 10^{-7}$

$B=0.295681 \times 10^{-12}$

$C=0.358039 \times 10^{-16}$

$D=0.383707 \times 10^{-20}$

第34面

$k=0.0$

$A=0.565893 \times 10^{-7}$

$B=-0.286749 \times 10^{-11}$

$C=-0.968771 \times 10^{-16}$

$D=0.578577 \times 10^{-20}$

(条件式対応値)

(1)  $(|HG1| - |HG3|) / L = 0.00296$

(2)  $R1 = 2102.83891$

$R2 = 993.11411$

(3)  $|f1| / L = 0.1396$

(4)  $|f2| / L = 0.0572$

(5)  $|f3| / L = 0.1035$

(6)  $|f4| / L = 0.0442$

(7)  $|f5| / L = 0.1526$

図2は、本実施例にかかる投影光学系の球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。非点収差図において、実線はサジッタル面、破線はメリジオナル面をそれぞれ表している。また、図3はコマ収差を示す図である。各図から明らかなように、紫外線エキシマレーザの波長248nmの単色波長において諸収差が極めて良好に補正されていることがわかる。

【0035】また、図4は各レンズ面における主光線が通る高さの変化を、像高比ごとに示す図である。本実施例では、レンズの最大有効径は261mm以下でありながら、物体像間距離は1200mmという、非常に小型の光学系を達成している。

【0036】(第2実施例) 図5は、本発明の第2実施例にかかる投影光学系のレンズ構成を示す図である。本光学系は、結像倍率は1/4倍、像側の開口数NAは0.75、最大物体高は52.8mmである。また、光学ガラスは熔融石英であり、全部で28枚のレンズを使用し、第2レンズ群G2と第4レンズ群G4とに非球面レンズを採用している。

【0037】第1物体側から順に、2枚以上の正レンズ成分L11、L12を含む正屈折力の第1レンズ群G1と、2枚以上の負レンズ成分L22、L23を含む負屈折力の第2レンズ群G2と、3枚以上の正レンズ成分L32、L33、L34を含む正屈折力の第3レンズ群G3と、2枚以上の負レンズ成分L43、L44を含む負屈折力の第4レンズ群G5と、連続した少なくとも6枚以上の正レンズ成分L52~L57を含む正屈折力の第5レンズ群G5とを有し、前記第5レンズ群G5は開口絞りASを有している。

【0038】ここで、第2レンズ群G2は互いに向き合った凹面のレンズ面a22とb22、a23とb23を少なくとも2組有する。第3レンズ群G3は互いに向き合った凸面のレンズ面a33とb33を少なくとも1組有する。第4レンズ群G4は互いに向き合った凹面のレンズ面a43とb43、a44とb44を少なくとも2組有する。第5レンズ群G5は少なくとも1枚の負レンズ成分L58を含み、互いに向き合った凸面のレンズ面a54とb54とを少なくとも1組有する。

【0039】以下の表2に本実施例の諸元値を掲げる。

【0040】

【表2】 $d_0=58.71381$

面番号	r	d	n
1	2344.39024	19.50000	1.50840
2	-399.53868	1.00000	1.00000
3	207.05024	19.50000	1.50840
4	-9089.95282	1.06324	1.00000
5	349.44141	20.50090	1.50840
6	-356.94853	1.00049	1.00000
7	2824.03870	15.28843	1.50840
8	127.09406	20.57897	1.00000
9	-409.94805	15.00000	1.50840
10	247.79171	25.28094	1.00000
11	-109.22073	15.00000	1.50840
12	353.24133	30.62878	1.00000
13	-127.25273	19.97115	1.50840
14	-319.02722	0.45640	1.00000
15	-442.91723	31.76812	1.50840
16	-156.82367	0.50529	1.00000
17	1799.93577	33.20536	1.50840
18	-352.64906	0.50000	1.00000
19	1532.27276	33.50000	1.50840
20	-419.98259	0.50000	1.00000

21	1323.83857	33.00000	1.50840
22	-462.29710	0.50000	1.00000
23	269.05208	33.14826	1.50840
24	1311.96489	0.62030	1.00000
25	155.14322	35.11553	1.50840
26	301.65179	1.12281	1.00000
27	273.04669	19.70300	1.50840
28	158.63646	23.21441	1.00000
29	2032.19041	15.07084	1.50840
30	131.91270	40.10698	1.00000
31	-145.12329	15.45000	1.50840
32	425.65301	28.25840	1.00000
33	-159.56626	18.54000	1.50840
34	516.56255	7.49333	1.00000
35	1681.90032	22.10596	1.50840
36	918.21609	6.30116	1.00000
37	4682.79563	28.89613	1.50840
38	-301.23862	0.50029	1.00000
39	-4084.76306	33.56257	1.50840
40	-280.74197	4.32455	1.00000
41	1425.92102	35.55241	1.50840
42	-420.69572	1.37771	1.00000
43	0.0(STO)	21.72894	1.00000
44	559.56880	34.00000	1.50840
45	-2059.9709	84.58611	1.00000
46	399.12734	34.00000	1.50840
47	-2651.15168	0.60125	1.00000
48	203.24151	47.77050	1.50840
49	2102.67353	0.50000	1.00000
50	151.51694	38.93423	1.50840
51	689.97286	7.34696	1.00000
52	-8011.52277	19.00000	1.50840
53	269.88462	2.06841	1.00000
54	147.58135	37.66796	1.50840
55	183.83528	6.07361	1.00000
56	287.98457	35.99552	1.50840
57	2811.61874	12.30000	1.00000

(非球面係数) 第10面と第32面は非球面であり、以下に非球面係数を示す。

第10面

$k=0.0$

$A=-0.802433 \times 10^{-7}$

$B=0.363622 \times 10^{-12}$

$C=0.243536 \times 10^{-16}$

$D=0.567412 \times 10^{-20}$

第32面

$k=0.0$

$A=0.676078 \times 10^{-7}$

$B=-0.332139 \times 10^{-11}$

$C=-0.142740 \times 10^{-15}$

$D=0.777710 \times 10^{-20}$

(条件式対応値)

(1)  $(|HG1| - |HG3|) / L = 0.00376$

(2)  $R1 = 1681.9003$

$R2 = 918.2160$

(3)  $|f1| / L = 0.1320$

(4)  $|f2| / L = 0.0439$

(5)  $|f3| / L = 0.0981$

(6)  $|f4| / L = 0.0476$

(7)  $|f5| / L = 0.1591$

図6は、本実施例にかかる投影光学系の球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。非点収差図において、実線はサジッタル面、破線はメリジオナル面をそれぞれ表している。また、図7はコマ収差を示す図である。各図から明らかなように、紫外線エキシマレーザーの波長248nmの単色波長において諸収差が極めて良好に補正されていることがわかる。

【0041】また、図8は各レンズ面における主光線が通る高さの変化を、像高比ごとに示す図である。本実施例では、レンズの最大有効径は256mm以下でありながら、物体像間距離は1150mmという、非常に小型の光学系を達成している。

【0042】(第3実施例)図9は、本発明の第3実施例にかかる投影光学系のレンズ構成を示す図である。本光学系は、結像倍率は1/4倍、像側の開口数NAは0.75、最大物体高は52.8mmである。また、光学ガラスは溶融石英であり、全部で29枚のレンズを使用し、第2レンズ群G2と第4レンズ群G4とに非球面レンズを採用している。

【0043】第1物体側から順に、2枚以上の正レンズ成分L12, L13を含む正屈折力の第1レンズ群G1と、2枚以上の負レンズ成分L22, L23を含む負屈折力の第2レンズ群G2と、3枚以上の正レンズ成分L32, L33, L34を含む正屈折力の第3レンズ群G3と、2枚以上の負レンズ成分L43, L44を含む負屈折力の第4レンズ群G4と、連続した少なくとも6枚以上の正レンズ成分L52~L57を含む正屈折力の第5レンズ群G5とを有し、前記第5レンズ群G5は開口絞りASを有している。

【0044】ここで、第2レンズ群G2は互いに向き合った凹面のレンズ面a22とb22、a23とb23を少なくとも2組有する。第3レンズ群G3は互いに向き合った凸面のレンズ面a33とb33を少なくとも1組有する。第4レンズ群G4は互いに向き合った凹面のレンズ面a43とb43、a44とb44を少なくとも2組有する。第5レンズ群G5は少なくとも1枚の負レンズ成分L58を含み、互いに向き合った凸面のレンズ面a54とb54とを少なくとも1組有する。

【0045】以下の表3に本実施例の諸元値を掲げる。

【0046】

【表3】d0=50.00001

面番号	r	d	n
1	0.00000	18.00000	1.50840
2	-450.13529	4.21909	1.00000
3	226.90239	24.91268	1.50840
4	-596.27029	0.52413	1.00000
5	449.87409	14.00000	1.50840
6	301.35000	1.05000	1.00000
7	280.24907	22.07496	1.50840
8	-397.86865	0.50000	1.00000
9	9815.43221	13.00000	1.50840
10	125.30329	17.78698	1.00000
11	-515.68425	12.50000	1.50840
12	221.81197	24.37586	1.00000
13	-109.90375	15.00000	1.50840
14	261.45683	27.80622	1.00000
15	-142.58768	18.00000	1.50840
16	-331.53586	4.67410	1.00000
17	-941.80268	38.75277	1.50840
18	-170.09897	0.53967	1.00000
19	1556.16940	34.23370	1.50840
20	-396.66276	4.15236	1.00000
21	638.92983	41.61781	1.50840
22	-494.66642	0.59668	1.00000
23	888.12369	35.37004	1.50840
24	-550.17203	0.50000	1.00000
25	250.21649	32.11872	1.50840
26	750.64947	0.50000	1.00000
27	148.96202	26.14972	1.50840
28	193.38133	0.50000	1.00000
29	183.98389	21.00000	1.50840
30	156.54421	23.03055	1.00000
31	1266.22885	18.00000	1.50840
32	119.12081	41.05571	1.00000
33	-151.08524	15.00000	1.50840
34	240.58397	29.25099	1.00000
35	-171.66116	18.00000	1.50840
36	819.17791	6.63749	1.00000
37	3525.03785	19.00000	1.50840
38	1127.73425	6.15126	1.00000
39	4129.86196	27.00000	1.50840
40	-375.02554	1.00000	1.00000
41	0.0(STO)	10.00000	1.00000
42	3383.33080	38.10628	1.50840
43	-273.24176	3.37303	1.00000
44	697.91032	34.65151	1.50840
45	-675.50901	6.25697	1.00000
46	474.88752	35.88706	1.50840
47	-1647.44126	13.96154	1.00000
48	402.63566	32.25773	1.50840

49	-43258.63949	0.90797	1.00000
50	296.04913	34.29083	1.50840
51	2163.70585	0.83011	1.00000
52	167.95899	39.96994	1.50840
53	712.51728	12.01582	1.00000
54	-1352.69458	20.00000	1.50840
55	538.40669	23.25419	1.00000
56	110.89513	38.21665	1.50840
57	274.54353	3.95691	1.00000
58	761.59725	34.48280	1.50840
59	3000.00000	9.00000	1.00000

(非球面係数) 第12面と第34面は非球面であり、以下に非球面係数を示す。

第12面

$k=0.0$

$A=-0.998135 \times 10^{-7}$

$B=-0.993842 \times 10^{-12}$

$C=-0.977115 \times 10^{-16}$

$D=-0.236600 \times 10^{-19}$

第34面

$k=0.0$

$A=0.105206 \times 10^{-6}$

$B=-0.396387 \times 10^{-11}$

$C=-0.210003 \times 10^{-15}$

$D=0.169113 \times 10^{-19}$

(条件式対応値)

(1)  $(|HG1| - |HG3|) / L = 0.00518$

(2)  $R1 = 3525.0378$

$R2 = 1127.7342$

(3)  $|f1| / L = 0.1430$

(4)  $|f2| / L = 0.0459$

(5)  $|f3| / L = 0.1075$

(6)  $|f4| / L = 0.0544$

(7)  $|f5| / L = 0.1239$

図10は、本実施例にかかる投影光学系の球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。非点収差図において、実線はサジッタル面、破線はメリジオナル面をそれぞれ表している。また、図11はコマ収差を示す図である。各図から明らかなように、紫外線エキシマレーザーの波長248nmの単色波長において諸収差が極めて良好に補正されていることがわかる。

【0047】また、図12は各レンズ面における主光線が通る高さの変化を、像高比ごとに示す図である。本実施例では、レンズの最大有効径は269mm以下でありながら、物体像間距離は1100mmという、非常に小型の光学系を達成している。

【0048】(第4実施例) 次に、本発明の実施例にかかる投影光学系を投影露光装置に適用した例を示す。図13は本発明の実施例にかかる投影光学系を走査型露光装置に適用した例を示す斜視図である。

【0049】図13に示す投影露光装置は、集積回路素子等のデバイスの回路パターンを形成する際の露光工程に用いられるものである。図13の例では、投影光学系PLの物体面には、所定の回路パターンが描かれた投影原版としてのマスクM（第1物体）が配置されており、投影光学系PLの像面には基板としてのプレートP（第2物体）が配置されている。ここで、マスクMはマスクステージMSに保持されており、図中XY方向に可動なプレートPはプレートステージPSに保持されている。また、マスクMの上方（Z方向側）には、紫外域の露光光によってマスクMの照明領域IAを均一に照明するための照明光学装置ILが配置されている。本実施例において、照明光学装置ILは、波長 $\lambda = 248\text{nm}$ の紫外域の光を供給するものである。

【0050】以上の構成により、照明光学装置ILから供給される紫外域の露光光は、マスクM上の照明領域IAを均一に照明し、マスクMからの露光光は、投影光学系PLの開口絞りASの位置に光源像を形成する。すなわち、マスクMは照明光学装置ILによってケラー照明される。そして、プレートP上の露光領域EAには、マスクMの照明IA内の像が形成され、これにより、プレートPにはマスクMの回路パターンが転写される。ここで、マスクMを保持するマスクステージMSと、プレートPを保持するプレートステージPSとが、露光中において互いに逆方向へ走査する。これにより、プレートPには、マスクMの像が走査露光される。また、投影光学系PLは、第1物体（マスクM）側及び第2物体側（プレートP側）において、実質的にテレセントリックとなっており、縮小倍率を有するものである。

【0051】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の構成によれば、両側テレセントリックで、諸収差、特に歪曲収差が良好に補正され、高解像力で広い領域にわたり露光できる小型・軽量の投影光学系を得ることが出来る。

【0052】また、各実施例の投影光学系は広い露光領域において良好な像を形成できるため、当該光学系を用いた投影露光装置は、良好なパターン像を広い範囲にわ

たって短時間で得ることができ、集積回路素子等のデバイス製造時のスループットを向上させることが出来る。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施例にかかる投影光学系のレンズ構成を示す図である。

【図2】本発明の第1実施例にかかる投影光学系の諸収差を示す図である。

【図3】本発明の第1実施例にかかる投影光学系の収差を示す他の図である。

【図4】本発明の第1実施例にかかる投影光学系を透過する主光線の位置を示す図である。

【図5】本発明の第2実施例にかかる投影光学系のレンズ構成を示す図である。

【図6】本発明の第2実施例にかかる投影光学系の諸収差を示す図である。

【図7】本発明の第2実施例にかかる投影光学系の収差を示す他の図である。

【図8】本発明の第2実施例にかかる投影光学系を透過する主光線の位置を示す図である。

【図9】本発明の第3実施例にかかる投影光学系のレンズ構成を示す図である。

【図10】本発明の第3実施例にかかる投影光学系の諸収差を示す図である。

【図11】本発明の第3実施例にかかる投影光学系の収差を示す他の図である。

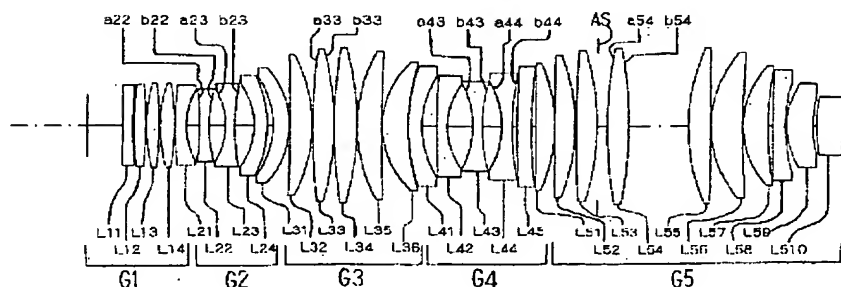
【図12】本発明の第3実施例にかかる投影光学系を透過する主光線の位置を示す図である。

【図13】本発明の第4実施例にかかる投影露光装置の概略構成を示す図である。

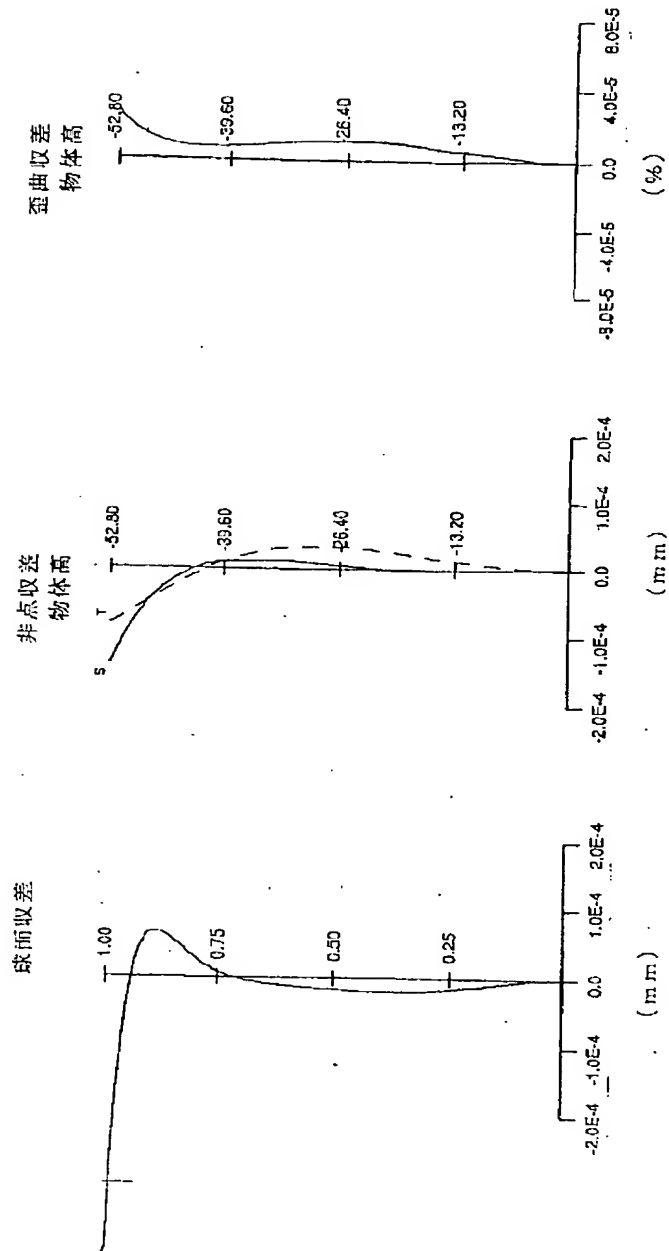
【符号の説明】

G1 第1レンズ群  
G2 第2レンズ群  
G3 第3レンズ群  
G4 第4レンズ群  
G5 第5レンズ群  
AS 開口絞り

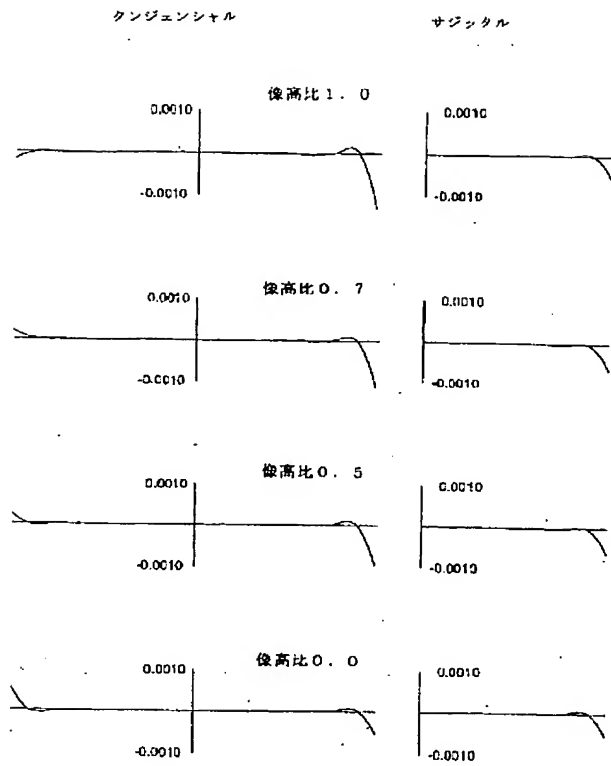
【図1】



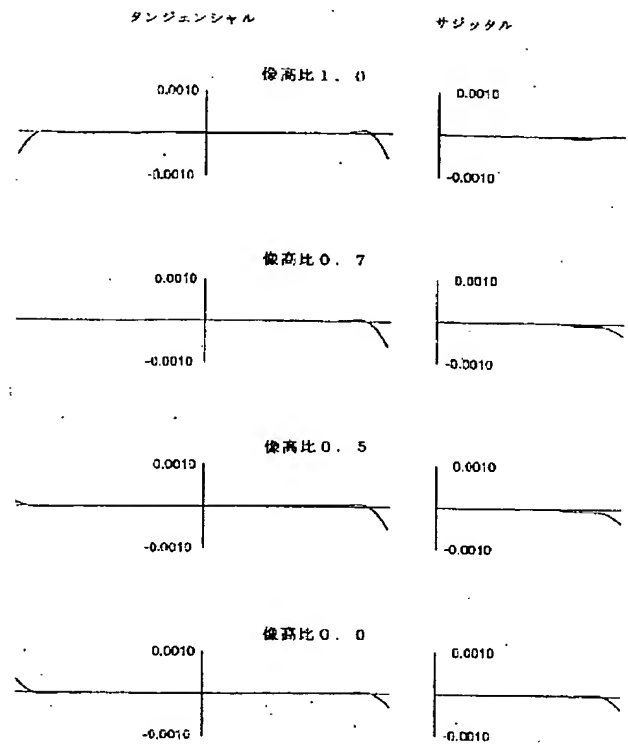
【図2】



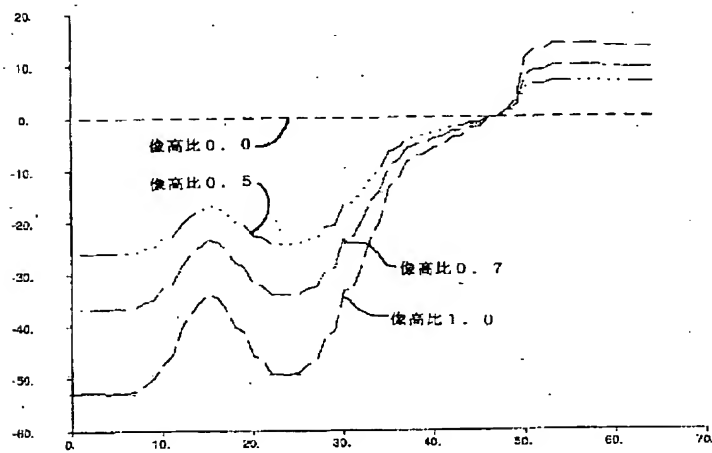
【図3】



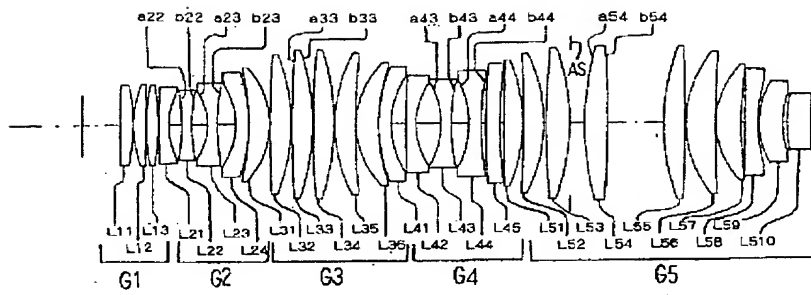
【図7】



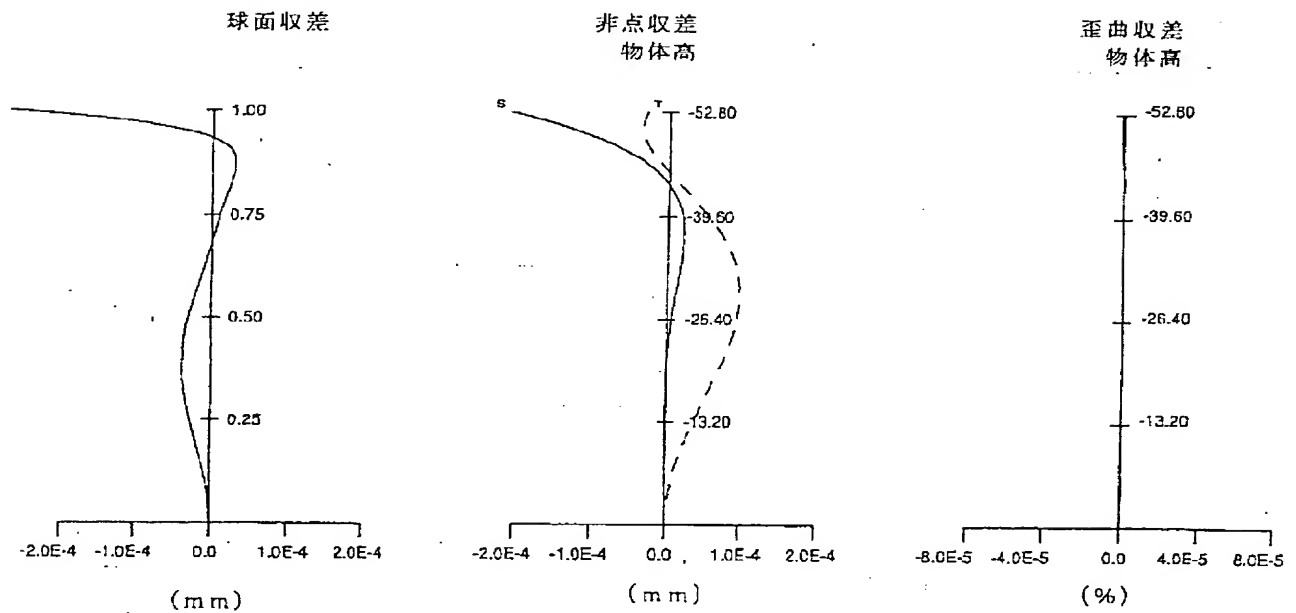
【図4】



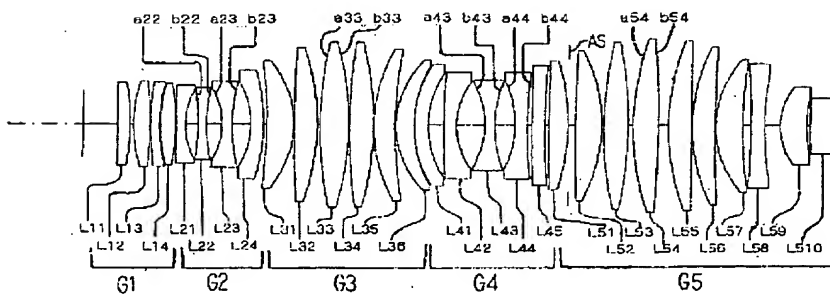
【図5】



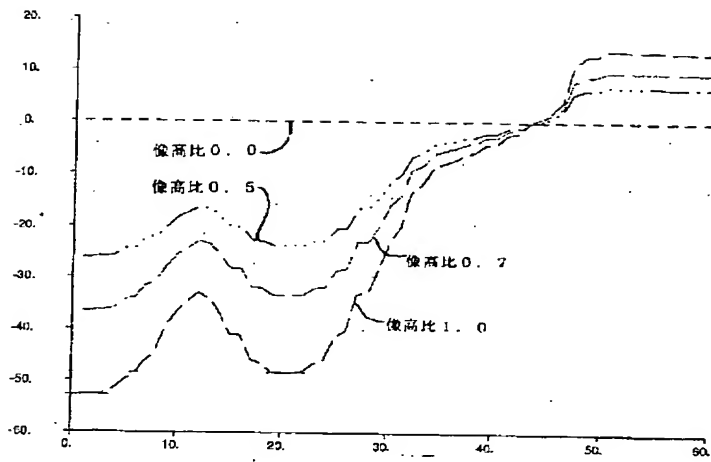
【図6】



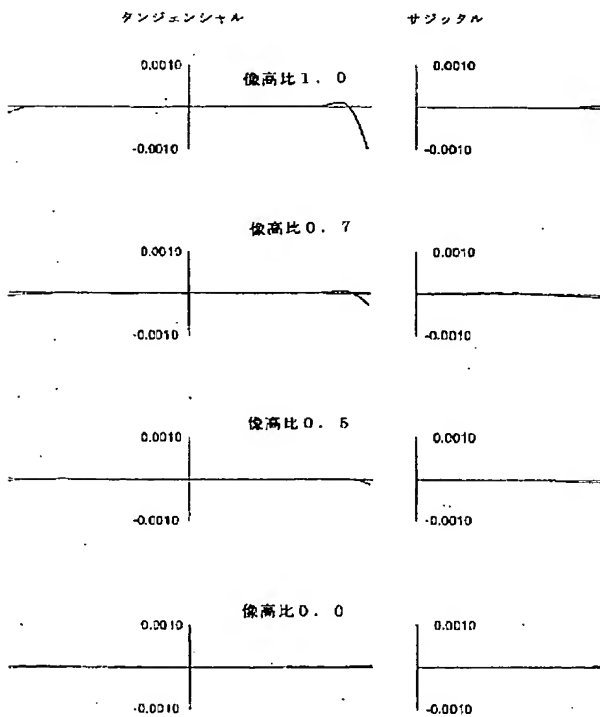
【図9】



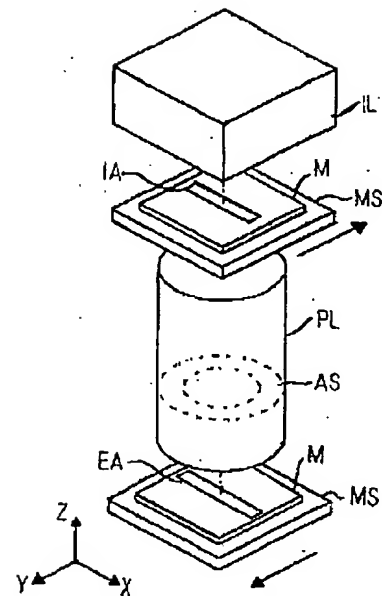
【図8】



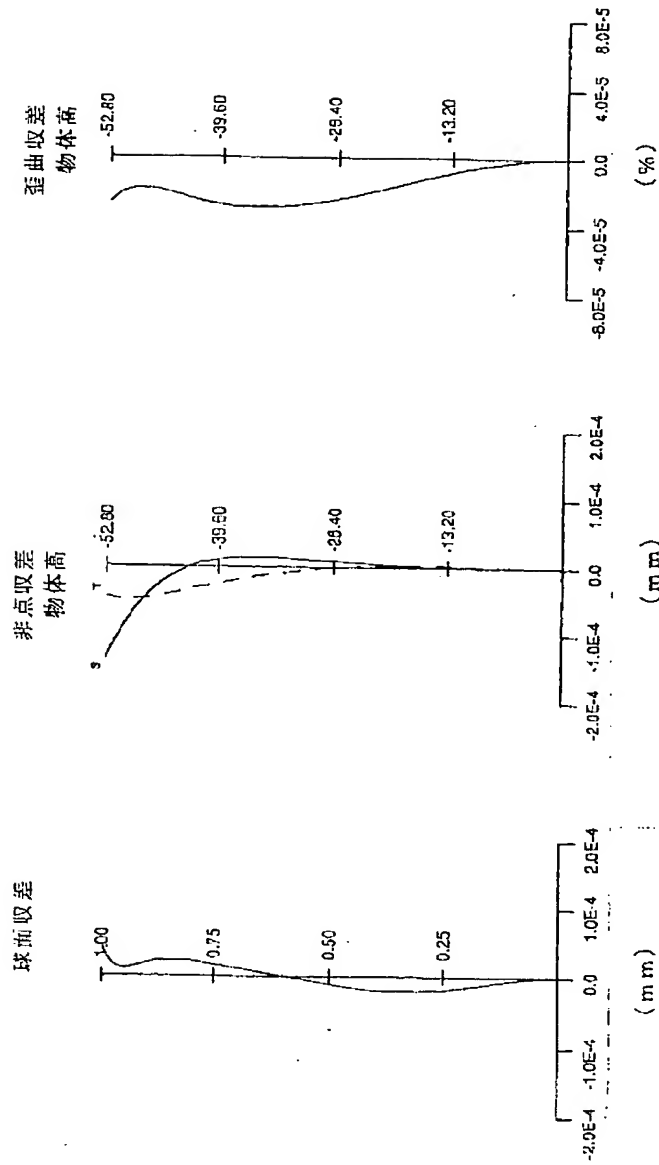
【図11】



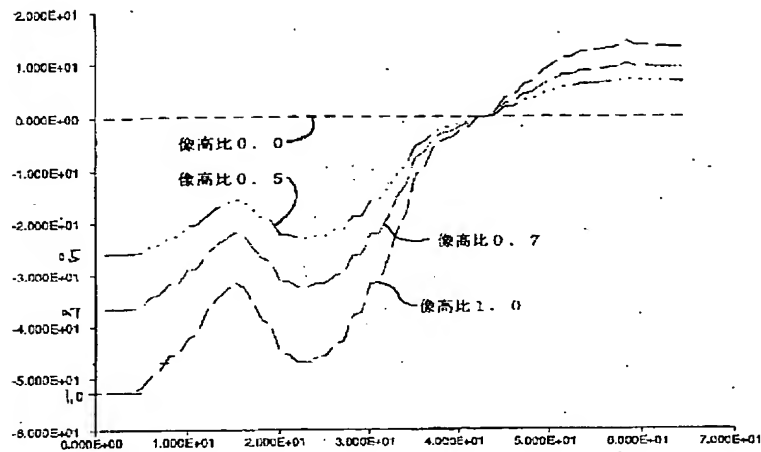
【図13】



【図10】



【図12】



フロントページの続き

(72)発明者 高橋 友刀

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株  
式会社ニコン内

Fターム(参考) 2H087 KA21 LA01 NA02 NA04 PA15  
PA17 PB20 RA05 RA12 RA32  
UA03  
5F046 BA04 CA04 CA08 CB12  
9A001 GG11 GG16